

黄河宁夏段堤防与防汛道路软基处理技术研究

赵 佳

宁夏水利水电勘测设计研究院有限公司 宁夏 银川 750000

摘要:黄河宁夏段河道治理工程作为国家重点水利工程,旨在提高区域防洪能力、消除险情隐患,促进经济发展。工程涉及堤防加固、河道整治和防汛道路建设,其中软基处理方案是堤防及防汛道路工程的关键点,直接影响工程稳定性和耐久性。本文综述了多种软基处理技术,并针对堤防及防汛道路工程的具体地质条件,分析了软基特性,比较了不同处理方案,并推荐了最优处理技术。这些技术的应用将有效提升堤防及防汛道路的安全性,对区域防洪安全和可持续发展具有重要意义。

关键词:黄河宁夏段;堤防及防汛道路;软基处理

引言

黄河作为中国的母亲河,其河道治理一直是国家水利工程的重点。黄河宁夏段河道治理工程对实现防洪安全、推进黄河流域生态保护与高质量发展先行区建设、推动黄河流域生态保护和高质量发展具有重要意义。软基处理是堤防及防汛道路建设中的关键技术,直接影响工程的稳定性和耐久性。

1 黄河宁夏段河道治理工程概述

1.1 工程背景

黄河干流自中卫市南长滩翠柳沟入境宁夏回族自治区,至石嘴山市惠农区头道坎麻黄沟出境(右岸平罗县陶乐镇都思兔河),穿越中卫、吴忠、银川、石嘴山4个地级市的11个市县(区),全长397km,占黄河总长的1/14,流域面积5万km²,属黄河上游的下段。黄河两岸的平原区土地辽阔,地势平坦,是宁夏经济社会发展的核心地段,沿黄经济区的国土面积为2.87万km²,占全区总面积的43.2%,聚集了全区66%的人口,80%以上的城镇,创造了宁夏90%的GDP和财政收入,在宁夏经济社会发展中占有极其重要的地位。

黄河宁夏段河道治理工程是为了提高防洪能力、消除险情隐患、促进区域经济发展而实施的一项重大水利工程。该工程包括堤防加固、河道整治、防汛道路建设等多个方面。

1.2 工程目标

工程的主要目标是考虑宁夏先行区建设需求,通过堤防加固和河道整治,全面提升区域防洪能力,同时建设防汛道路,增强应急响应和黄河综合管理能力^[1],以保障人民生命财产安全,促进黄河流域宁夏段的生态保护和经济社会可持续发展。

1.3 工程挑战

黄河宁夏段河道治理工程需建设平罗右岸头道墩至都思兔河防汛道路及红崖子段堤防工程总长约55km,主要建设内容包括软基处理、穿路建筑物、道路及路面硬化等,面临的主要挑战包括线路确定、软基处理技术的选择等。

2 软基处理技术综述

2.1 软基处理技术分类

堤防及防汛道路工程中常用的软基处理技术可以分为以下几种:

2.1.1 堤身自重挤淤法

通过逐步加高的堤身自重将淤泥或淤泥质土外挤,并在堤身自重作用下使淤泥或淤泥质土中的孔隙水压力充分消散而增加有效应力,从而提高地基的抗剪强度能力。

2.1.2 抛石挤淤法

把满足要求的块石抛在需要进行处理的淤泥或淤泥质土地基中,将原基础处的淤泥或淤泥质土挤走,从而达到加固地基的目的。

2.1.3 垫层法

把靠近堤防基底的不能满足设计要求的软土挖除,代以人工回填的砂、碎石、石渣等强度高、压缩性低、透水性好、易压实材料作为持力层^[2]。

2.1.4 桩基法

在软基基础处理中,桩基法是一种比较常见的处理技术,通过打入或灌注桩,提高地基的承载力。

2.1.5 土工合成材料加筋加固法

该法将土工合成材料平铺于堤防地基表面进行地基加大,能使堤防荷载均匀分散到地基中。当地基可能出现塑性剪切破坏时,土工合成材料将起到阻止破坏面形成或减小破坏发展范围的作用,从而达到提高地基承载力的目的。

2.1.6 其它方法

除上述方法外，常用的软基处理方法还包括强夯法、灌浆法与旋喷法、地基挤密技术等。

2.1.7 软基处理技术比较

2.2 堤身自重挤淤法

优点：利用堤身自重，无需额外材料，成本较低；逐步加高堤身，施工过程稳定，对周围环境影响小。缺点：施工周期较长，因为需要等待孔隙水压力消散；对于深厚软土层效果有限，可能需要与其他方法结合使用。

2.3 抛石挤淤法

优点：施工简单，操作方便；能够迅速提高地基承载力，适用于紧急情况下的地基加固。缺点：对块石的质量要求高，需要满足一定的粒径和强度要求；可能对周围环境造成一定影响，如噪声和振动。

2.4 垫层法

优点：材料来源广泛，施工技术成熟；可以显著提高地基承载力和减少沉降。缺点：需要挖除原有软土，增加了工程量和成本；对于深厚软土层，施工难度和成本较高。

2.5 桩基法

优点：承载力高，适用于各种软基，尤其是承载力要求较高的工程；可以与其他软基处理技术结合使用，提高效果。缺点：成本较高，施工技术要求高；对周围环境有一定影响，如噪声和振动。

2.6 土工合成材料加筋加固法

优点：材料轻质高强，施工方便；可以均匀分散荷载，减少地基不均匀沉降；环境适应性强，适用于多种地质条件。缺点：需要专业的土工合成材料，成本相对较高；对于深厚软土层，可能需要与其他方法结合使用。

3 堤防及防汛道路软基特性分析

黄河宁夏段河道治理工程堤防及防汛道路工程沿线穿越较多的河滩地、芦苇塘以及蒲草湖，地质条件较差，软基分布广泛，属于淤泥软基，长度约30km，占整个线路长度的53%，沿线软基岩性以淤泥质壤土、砂壤土、粘土为主，标贯击数多在1-5击，承载力80kPa，厚度0.3—7.8m，黄褐色间黑灰色，湿，软塑状态，局部流塑状态，呈水平层理。大部分分布场地的表层，为饱和软土，中-高压缩性，承载能力低，变形大，边坡稳定性差，工程地质条件较差。

4 堤防及防汛道路软基处理方案

4.1 软基处理原则

良好的地基承载力是保证路堤稳定的必要条件，沿线穿越的软基段落，通过采取相应的处理措施，地基应

最终能够满足稳定、工后沉降以及承载力等要求。具体应满足以下要求：

(1) 渗流控制应保证堤基及背水侧堤脚外土层的渗透稳定。

(2) 堤基应满足静力稳定要求。

(3) 竣工后堤基和堤身的总沉降量和不均匀沉降量不应影响堤防的安全和运用。

4.2 软基处理方案比选

4.2.1 河滩地段软基处理方案

工程共穿越河滩地软基段落17处，段落总长约27km。其中软基厚度小于2m的段落共有5处，段落总长5km；软基段落大于2m共有12处，段落总长22km。

(1) 河滩地软基厚度小于2m

处理方案一：软基处理采用卵砾石挤密加铺设软基垫固基措施，具体施工方法为：首先在软基段表层铺设一层软基垫，然后填充60cm卵砾石，找平后用平碾碾压密实、平整，然后按填筑要求，分层填筑碾压，直至设计高程。其中软基垫是指经横向加筋过的双绞合金属网面与高性能聚丙烯无纺土工布经特殊工艺复合制成材料。它兼具加筋和隔离的作用，被应用在运输道路路基加筋、软基地坪基础处理等工程。软基垫作为一种新型复合材料能够对已处理基础进行持续增强，并且兼顾力学增强与物理隔离效果，同时金属网面与碎石嵌锁效应提升局部地基承载力，对于减轻地面整体沉降，防止局部不均匀沉降有较好的效果。

处理方案二：软基处理采用换填垫层方法，首先将其表层50cm进行清基，然后继续深挖30cm铺设一层三向土工格栅，底部30cm采用砾类土换填，上部50cm采用换填，然后按填筑要求，分层填筑碾压，直至设计高程。三向土工格栅力学稳定层，为具有一定刚度的柔性垫层，可有效提高地基承载力和控制不均匀沉降，从而有效减少路面开裂，延长路堤使用寿命。

(2) 河滩地软基厚度大于2m

处理方案一：软基处理采用块石及石渣混合料挤密加三向土工格栅复合垫TXGC进行固基措施，具体施工方法为：首先直接采用块石及石渣混合料对路基占压范围内的底部软基进行机械压实挤密（以不陷车为准），最后找平后用平碾碾压密实、平整，在其面层铺设三向土工格栅复合垫TXGC。然后按填筑要求，分层填筑碾压，直至设计高程。路基底部铺设一层三向土工格栅复合垫TXGC，不仅可以约束粒料，也可在大粒径填料和淤泥质地基土之间形成有效隔离层，防止淤泥挤入填筑层中污染填料，保证填筑料的有效厚度不变，也具有排水反滤

的作用。

处理方案二：采用振冲碎石桩处理措施，碎石桩呈正三角形布置，桩间距1.4m，桩径400mm，按照不同的软基厚度，桩长分别为5m、6m、8m三类，软基厚度为2.0~5.0m的桩长为5.0m，软基厚度为5.0~7.0m的桩长为6.0m，软基厚度为7.0~8.0m的桩长为8.0m。待碎石桩施工完成后按填筑要求，分层填筑碾压，直至设计高程。由于软基段地基承载能力低，变形大，工程地质条件较差，因此导致打桩机械无法进场施工，需考虑搭建临时施工平台。临时施工平台考虑用块石挤密处理，挤密深度1m，挤密范围为软基处理范围。砂石桩桩体材料采用含泥量不大于5%的碎石、卵石、角砾、圆砾、砂砾、粗砂、中砂、石屑等硬质材料，最大粒径不大于50mm。为保证施工质量，在砂石桩大面积施工前，首先选择一段具有代表性的地段进行工艺性试验，根据工艺性试验确定砂石桩的施工工艺参数。根据设计施工图，桩位布置图采用GPS进行桩位放样，放样后锤击沉管机就位，调整垂直度，开始锤击沉管成孔，成孔检测合格后，填入砾石锤击挤密成桩。砂石桩施工时，先施工第一排，然后施作第二直至施工完毕。

4.2.2 坑塘水域段落软基处理方案

工程共穿越坑塘水域软基段落10处，段落总长2.9km。

针对工程穿越坑塘水域段落的软基处理采用块石及石渣混合料挤密加三向土工格栅复合垫TXGC进行固基措施，具体施工方法为：首先将坑塘内的明水进行抽排，直至明水全部排出，然后直接采用块石及石渣混合料对路基占压范围内的坑塘底部软基进行机械压实挤密（以不陷车为准），最后找平后用平碾碾压密实、平整，在其面层铺设三向土工格栅复合垫TXGC。然后按填筑要求，分层填筑碾压，直至设计高程^[1]。路基底部铺设一层三向土工格栅复合垫TXGC，不仅可以约束粒料，也可在大粒径填料和淤泥质地基土之间形成有效隔离层，防止淤泥挤入填筑层中污染填料，保证填筑料的有效厚度不变，也具有排水反滤的作用。

4.2.3 软基处理方案推荐

4.2.3.1 河滩地软基厚度小于2m段落

针对河滩地软基厚度小于2m的段落，在方案比选中提出了两种处理方案，方案一是卵砾石挤密加铺设软基垫固基措施，方案二是换填垫层加三向土工格栅措施。从技术角度对比，两种方案在软基厚度小于2m段落处理

上均是可行的，经稳定计算均满足规范要求；从经济角度对比，方案一处理措施每公里概算为220万元/公里，方案二处理措施每公里概算为275万元/公里；从施工角度对比，方案一施工简便、快捷，方案二需进行开挖换填施工且属于干法施工，因此局部地下水位埋深较高的软基段落需采取临时降水措施，占用工期较长。综合以上三个方面的对比，本次河滩地软基厚度小于2m的段落处理推荐方案一，卵砾石挤密加铺设软基垫固基措施。

4.2.3.2 河滩地软基厚度大于2m段落

针对河滩地软基厚度大于2m的段落，在方案比选中提出了两种处理方案，方案一采用块石及石渣混合料挤密加三向土工格栅复合垫TXGC进行固基措施，方案二采用振冲碎石桩处理措施。从技术角度来看，方案一与方案二在软基厚度大于2m段落处理上都是可行的；从经济角度对比，方案一处理措施每公里概算为583万元/公里，方案二处理措施每公里概算为539万元/公里；从施工角度对比，方案一抛石挤淤施工方法简单，占用工期较少，方案二由于需大型机械进场施工，而软基承载力较差，因此施工时需先采取临时措施搭建机械施工平台，临时措施费用较高，且占用工期较长。因此综合以上对比，本次河滩地软基厚度大于2m的段落处理推荐方案一，抛石挤淤加三向土工格栅复合垫固基措施。

4.2.3.3 坑塘水域段落软基处理方案

坑塘水域段落由于明水排出后，其底部属于淤泥质软土，承载力较差，机械无法施工，因此本次坑塘水域段落软基采用抛石挤淤加三向土工格栅复合垫处理措施，采用进占法施工。

5 结语

综上所述，黄河宁夏段河道治理工程中堤防及防汛路的软基处理方案经过综合分析和比选，推荐了适用于不同地质条件的最优处理技术，这些方案的实施将有效提升堤防及防汛道路的稳定性和耐久性，对保障区域防洪安全、促进经济发展具有重要意义。

参考文献

- [1]吕国明.水利工程软土地基筑堤的技术方法[J].科技创新与应用.2012,(03):95.
- [2]孙凤佳.软体地基与地基处理概述[J].民营科技,2012,(06):272.
- [3]殷根华.浅谈堤防工程软土地基处理[J].科技与企业,2015,(01):163.